

Estudio de Trabajo

Tema 5

Diseño Ergonómico

Profesor:

Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ ricardo.caballero@utp.ac.pa



¿Qué es ergonomía?

La **ergonomía** es una ciencia multidisciplinaria que estudia las capacidades y limitaciones físicas y psicológicas humanas. Esta ciencia diseña o modifica el lugar de trabajo, equipo, productos o procedimientos de trabajo con el fin de mejorar el desempeño humano y reducir la probabilidad de lesiones y enfermedades.

- La ergonomía tiene como objetivo:
 - Lograr una mayor producción y eficiencia operativa
 - Reducir la cantidad de lesiones que sufren los operadores



Lineamientos para el levantamiento de cargas

- Con la finalidad de reconocer e intentar de controlar el creciente problema de las lesiones en la espalda relacionadas con el trabajo, el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) publicó los **lineamientos para el levantamiento de cargas** . Aunque estos son solo lineamientos, son el método más utilizado.
- La observación clave es el **límite de peso recomendado (RWL)**, el cual se basa en el concepto de peso óptimo, con ajustes de varios factores relacionados con las variables de la tarea. El RWL, representa la carga que puede ser manejada por la mayoría de los trabajadores

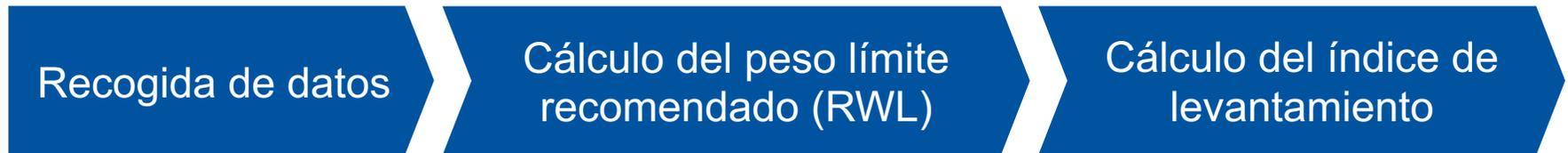


Procedimiento para analizar tareas de levantamiento

Con anterioridad a la aplicación del método de evaluación NIOSH, el técnico debe determinar:

- Si la tarea realizada es simple o múltiple
- Si se requiere control significativo en el destino de levantamiento

Una vez analizadas estas cuestiones se procede a realizar la evaluación que consta a su vez de tres pasos:



Calculo del límite de peso recomendado RWL

- El **límite de peso recomendado (RWL)**, se basa en el concepto de peso óptimo, con ajustes de varios factores relacionados con las variables de la tarea.
- El RWL, representa la carga que puede ser manejada por la mayoría de los trabajadores

La ecuación para el cálculo del índice de levantamiento se expresa como:

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

Donde:

LC = constante de carga

VM = multiplicador vertical

DM = multiplicador de la distancia

HM = multiplicador horizontal

AM = multiplicador de asimetría

CM = multiplicador de acoplamiento

FM = multiplicador de frecuencia

Calculo del índice de levantamiento

Cálculo del índice de riesgo LI

- Comparación entre el peso real de la carga (LC) y el límite de peso recomendado (RWL)
- El índice de riesgo proporciona una cantidad para la estimación relativa de la tensión física durante el manejo manual de la carga

La ecuación para el cálculo del índice de levantamiento se expresa como:

$$LI = \frac{\textit{Peso de la carga}}{\textit{Límite de peso recomendado}}$$

$$LI \leq 0.85$$

riesgo aceptable

$$0.85 < LI < 1.0$$

riesgo significativo (se recomienda rediseño)

$$LI \geq 1.0$$

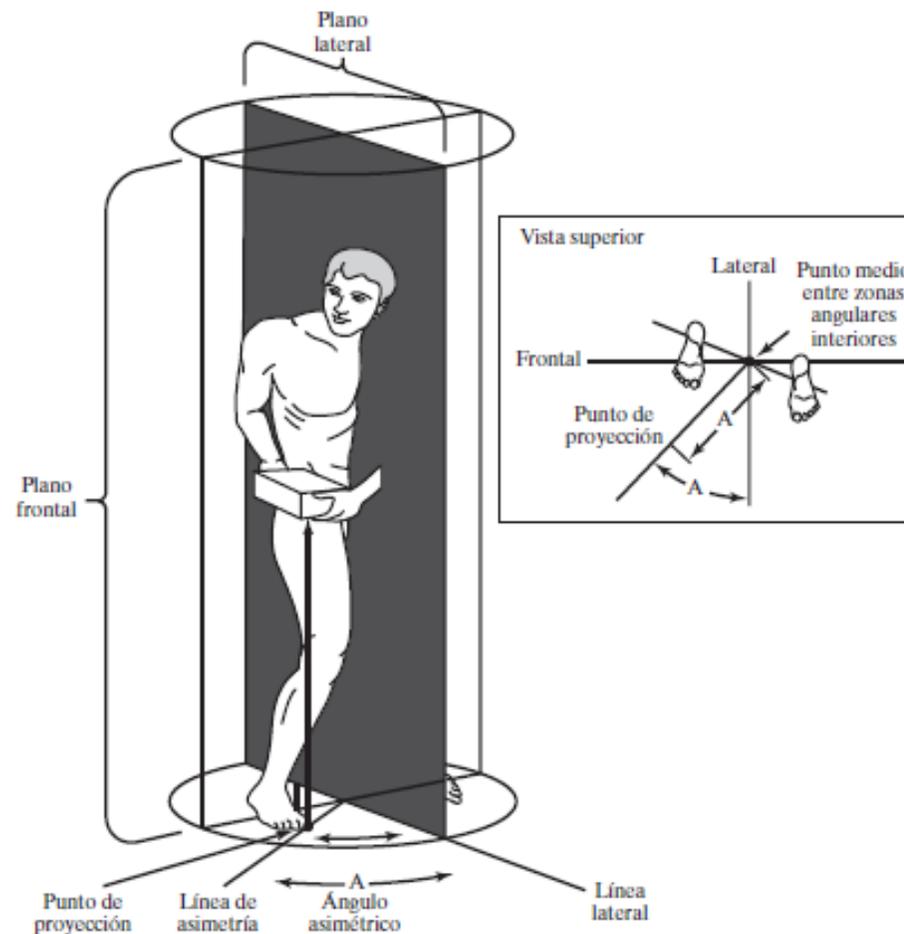
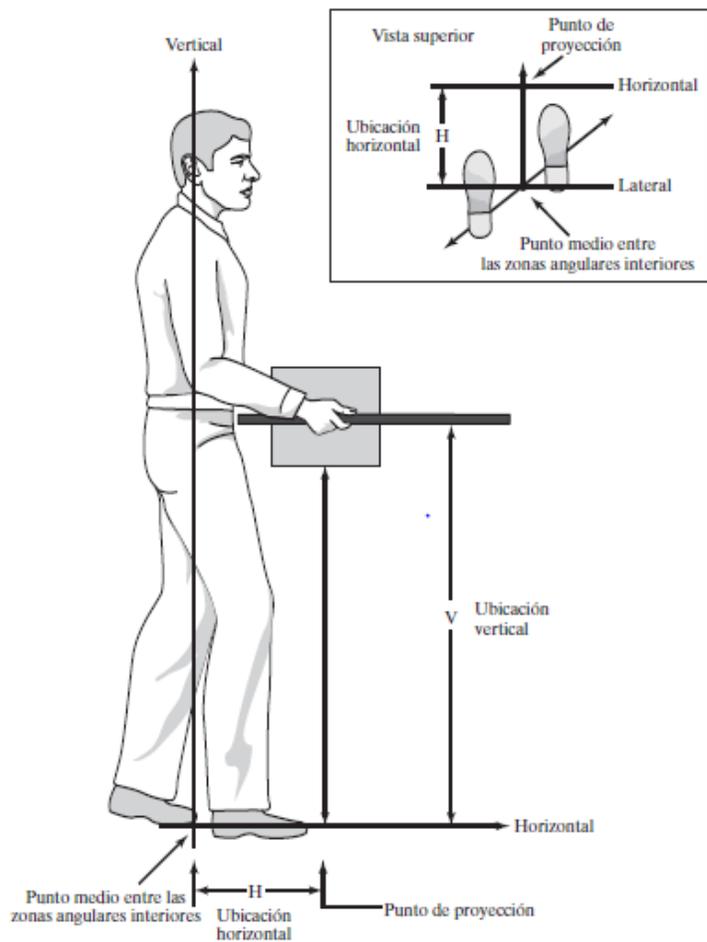
el rediseño es necesario

Determinación de la constante de carga LC

El valor de la **constante LC** quedó fijado siguiendo criterios biomecánicos y fisiológicos, en **23 kg**.

Esto significa que el 75% de la población femenina y el 90% de la masculina podrían realizar un levantamiento de una carga igual a dicho valor en condiciones óptimas sin sufrir un daño previsible en la zona dorsolumbar de la espalda

Medidas de levantamiento



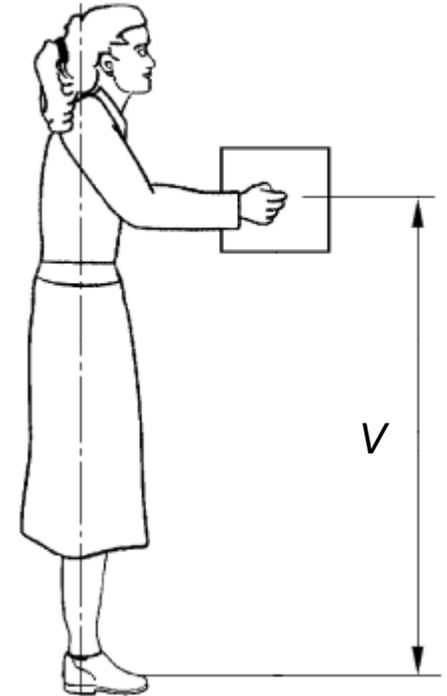
Multiplicador vertical V_M

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

Cálculo con la siguiente ecuación:

$$V_M = 1 - 0.003 * |V - 75|$$

- Medida de la distancia vertical V entre el centro de ambas manos y el piso al principio y al final de la operación de elevación
- para $V = 75$ cm se alcanza el valor óptimo $V_M = 1$
- para $V > 175$ cm $\rightarrow V_M = 0$ reduce la carga admisible (límite de peso RWL) a 0 kg



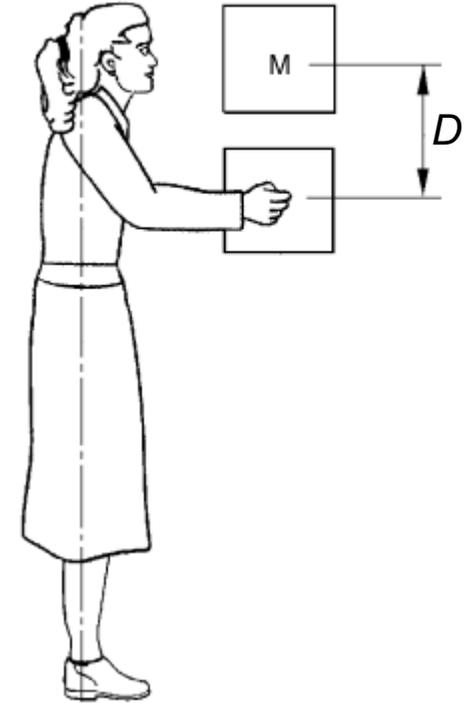
Multiplicador de la distancia D_M

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

Cálculo con la siguiente ecuación:

$$D_M = 0.82 + \frac{4.5}{D}$$

- Es la diferencia de altura entre las posiciones verticales de la carga en el origen y en el destino del levantamiento, medidas en cm
- para $D \leq 25$ cm se alcanza el valor óptimo $D_M = 1$
- para $D > 175$ cm $\rightarrow D_M = 0$ reduce la carga admisible (límite de peso RWL) a 0 kg



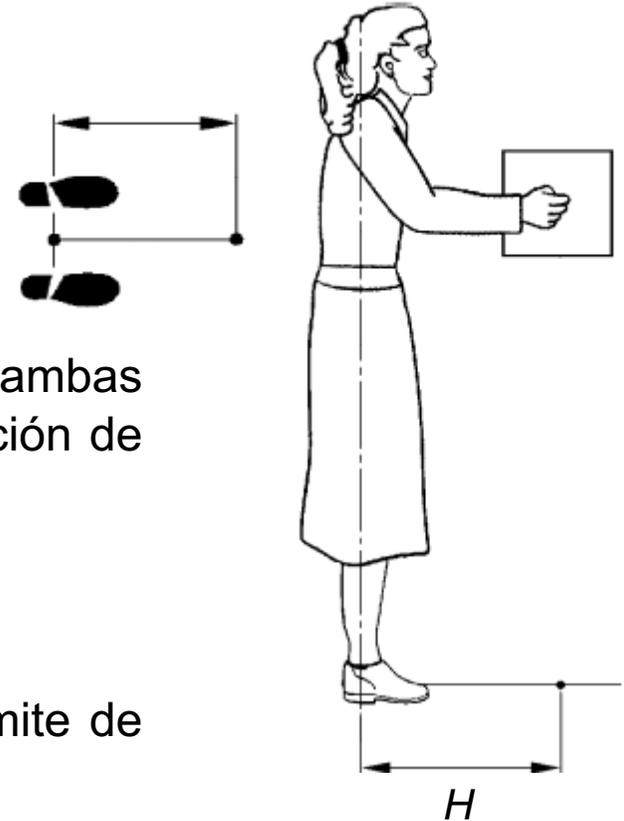
Multiplicador horizontal H_M

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

Cálculo con la siguiente ecuación:

$$H_M = \frac{25}{H}$$

- Medida de la distancia horizontal entre el centro de ambas manos y ambos tobillos al principio y al final de la operación de elevación
- para $H \leq 25$ cm se alcanza el valor óptimo $H_M = 1$
- para $H > 63$ cm $\rightarrow H_M = 0$ reduce la carga permisible (límite de peso RWL) a 0 kg



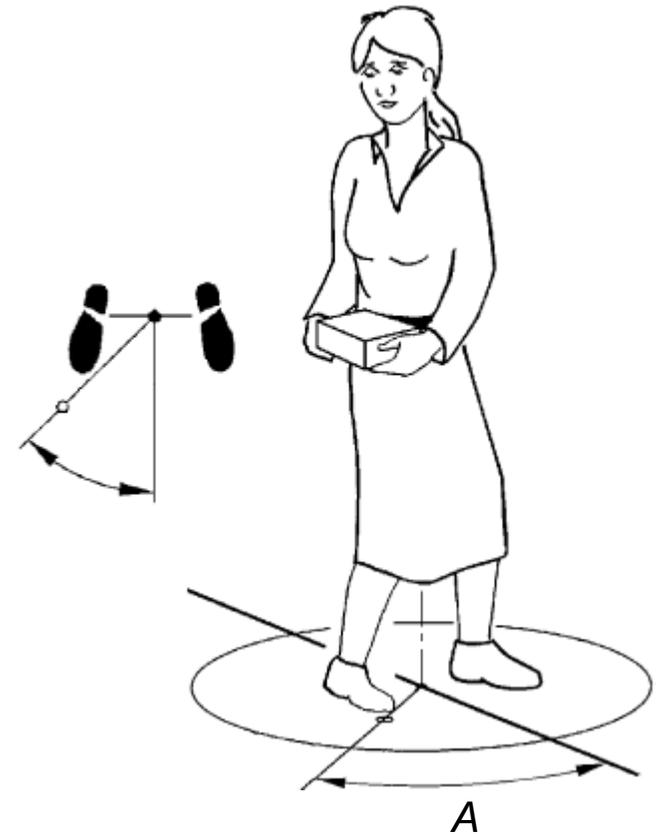
Multiplicador de asimetría A_M

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

Cálculo con la siguiente ecuación:

$$A_M = 1 - (0.0032 * A)$$

- Medida del ángulo de asimetría entre el tobillo central de la línea - perpendicular al plano frontal y el tobillo central de la línea - centro de carga
- para $A = 0^\circ$ se alcanza el valor óptimo $A_M = 1$
- para $A > 135^\circ \rightarrow A_M = 0$ reduce la carga admisible (límite de peso RWL) a 0 kg



Multiplicador de acoplamiento C_M

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

CM = 1 con buena calidad de agarre

- Buen mango o aberturas de mango
- Fácil de manejar, objetos y objetos móviles con asas envueltas que se pueden usar sin posiciones extremas de muñeca

CM = 0.95 con regular calidad de agarre

- Malos mangos o aberturas de mangos o flexión de los dedos a 90 °
- Fácil de manejar artículos y objetos con flexión de 90 ° y sin posiciones extremas de muñeca

CM = 0.9 con mala calidad de agarre

- Artículos que son difíciles de manejar, desviación de estructuras, un centro de masa asimétrico, contenido inestable
- Artículos difíciles de jactear o usar guantes

Tipo de acoplamiento	Multiplicador de acoplamiento (Cm)	
	$V < 75 \text{ cm}$	$V \geq 75 \text{ cm}$
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Pobre	0.90	0.90

Multiplicador de frecuencia F_M

FREC. Elev/min.	DURACIÓN					
	CORTA DURACIÓN ≤ 1 hora		DURACIÓN MODERADA 1-2 horas		LARGA DURACIÓN 2-8 horas	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.35
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Método de Indicadores Clave (KIM-LHC) para tareas de manipulación de cargas

- Análisis orientado a la práctica de la carga de trabajo existente cuando se manejan cargas manualmente al levantar, sostener o transportar
- La reducción de riesgos para la salud y seguridad del trabajador al levantar, sostener y transportar se obtiene al:
 - Evitar el manejo manual de cargas cuando sea posible
 - Aplicar de dispositivos técnicos
 - Reducir los riesgos residuales mediante la optimización de procesos
- El procedimiento de evaluación captura de los cuatro indicadores clave
 - Duración / frecuencia
 - Carga
 - Postura corporal
 - Condiciones de funcionamiento / condiciones de ejecución



Método de Indicadores Clave : Determinación de la puntuación del tiempo

■ Determinación de la puntuación del tiempo

Levantar (< 5 s)		Sostener (> 5 s)		Transportar (< 5 m)	
Cantidad por día de trabajo	Ponderación del tiempo	Tiempo total por día de trabajo	Ponderación del tiempo	Distancia total por día de trabajo	Ponderación del tiempo
< 10	1	< 5 min	1	< 300 m	1
10 a < 40	2	5 a < 15 min	2	300 m a < 1 km	2
40 a < 200	4	15 min a < 1 h	4	1 a < 4 km	4
200 a < 500	6	1 a < 2 h	6	4 a < 8 km	6
500 a < 1000	8	2 a < 4 h	8	8 a < 16 km	8
≥ 1000	10	≥ 4 h	10	≥ 16 km	10

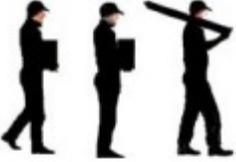
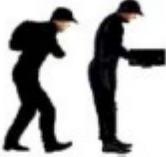
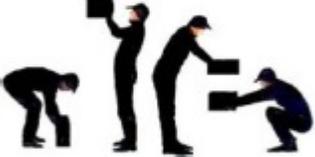
Método de Indicadores Clave : Determinación de la puntuación de la carga

- **Determinación de la puntuación de la carga**

Carga efectiva Hombres	Ponderación de la carga	Carga efectiva Mujeres	Ponderación de la carga
< 10 kg	1	< 5 kg	1
10 a < 20 kg	2	5 a < 10 kg	2
20 a < 30 kg	4	10 < 15 kg	4
30 a < 40 kg	7	15 < 25 kg	7
≥ 40 kg	25	≥ 25 kg	25

Método de Indicadores Clave: Determinación de la puntuación de la postura

■ Determinación de la puntuación de la postura.

Postura característica del cuerpo y posicionamiento de carga	Postura corporal, posición de la carga	Ponderación de la postura
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Parte superior del cuerpo vertical, sin torsión ■ Carga en el cuerpo 	1
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ligera inclinación hacia adelante o torsión de la parte superior del cuerpo ■ Carga en el cuerpo o cerca del cuerpo. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inclinación hacia abajo o fuerte inclinación hacia adelante ■ Flexión ligera hacia adelante con torsión simultánea de la parte superior del cuerpo ■ Cargar lejos del cuerpo o por encima de la altura del hombro ■ Sentarse o pararse 	4
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuerte inclinación hacia adelante con torsión simultánea de la parte superior del cuerpo ■ Cargar lejos del cuerpo ■ Estabilidad postural restringida mientras está de pie ■ Agacharse o arrodillarse 	8

Método de Indicadores Clave: Determinación de la puntuación de las condiciones

■ Determinación de la puntuación de las condiciones

Condiciones al ejecutar la tarea	Ponderación de la condición
<ul style="list-style-type: none">■ Buenas condiciones ergonómicas. <p>Por ejemplo: espacio suficiente, sin obstáculos en el espacio de trabajo, incluso terreno sólido, iluminación suficiente, buenas condiciones de agarre</p>	0
<ul style="list-style-type: none">■ Restricción de la movilidad y condiciones ergonómicas inconvenientes, <p>Por ejemplo: (1) alcance limitado por baja altura o por un espacio de trabajo restringido de menos de 1,5 m²</p>	1
<ul style="list-style-type: none">■ Movilidad muy fuerte y / o inestabilidad del centro de carga <p>Por ejemplo, transferencia de pacientes</p>	2

Método de Indicadores Clave : Cálculo del puntaje y asignación del nivel de riesgo

Cálculo del puntaje = *(ponderación de la carga + ponderación de la postura + ponderación de las condiciones) * ponderación del tiempo*

Nivel de Riesgo	Puntaje	Descripción
1	< 10	Bajo estrés, peligro para la salud por sobreesfuerzo físico es poco probable
2	10 a < 25	Estrés elevado, sobreesfuerzo físico es posible para personas con baja capacidad física. Para estas personas, la medida organizativa sería útil.
3	25 a < 50	Estrés esencialmente elevado, el sobreesfuerzo físico ahora es posible para personas con capacidad física promedio. Se recomiendan medidas organizativas.
4	≥ 50	Estrés alto, sobreesfuerzo físico es probable. Las medidas organizativas son necesarias.

El objetivo es un puntaje bajo a través de la reducción del peso de los indicadores clave

Ejemplo 1

Una empresa produce llantas con una masa de 8,7 kg para vehículos de motor. Con el objetivo de mantener la piel sana, los empleados que trabajan en la producción están obligados a usar guantes. Un control de calidad visual en cada lugar de trabajo durante todo el turno (8 h) asegura que solo las llantas impecables abandonen la producción. En promedio, cada minuto se levanta una llanta de una cinta transportadora inferior a una cinta transportadora superior. Las llantas que no cumplen con la calidad (240 artículos por turno) se levantan a la cinta superior y se transportan en el área de reelaboración. Ambas cintas transportadoras terminan en dos estantes expuestos. Un empleado de sexo masculino con una capacidad física normal permanece en la misma posición durante cada operación de levantamiento y está restringido en su movilidad, ya que el espacio de trabajo está confinado por un área de almacenamiento provisional. La distancia horizontal al borde de la cinta inferior es 25 cm mientras que la distancia vertical es 45 cm. En cuanto a la cinta superior 50 cm y 125 cm, respectivamente.

Ejemplo 1

a. Calcule utilizando el método de indicadores clave (KIM-LHC), el puntaje para el manejo manual de una carga y el nivel de riesgo. ¿Qué conclusión se puede sacar del resultado?

b. Calcule el límite de peso recomendado así como el índice de riesgo y evalúe el resultado. ¿Qué conclusión se puede sacar del resultado?

Por una variedad de razones, la compañía solo puede ajustar la altura de la correa inferior y no la masa de las llantas.

c. ¿Qué medidas se pueden tomar para mejorar el lugar de trabajo con los resultados calculados en el ejercicio a?

d. ¿Es posible desarrollar medidas de diseño basadas en los resultados del método del límite de peso recomendado para levantar, sostener y transportar?

Ejemplo 1: Solución (a)

a. Calcule utilizando el método de indicadores clave (KIM-LHC), el puntaje para el manejo manual de una carga y el nivel de riesgo. ¿Qué conclusión se puede sacar del resultado?

Ejemplo 1: Solución (a)

- Determinación de la puntuación del tiempo
- 240 artículos por turno
- Levantar artículo

Levantar (< 5 s)		Sostener (> 5 s)		Transportar (< 5 m)	
Cantidad por día de trabajo	Ponderación del tiempo	Tiempo total por día de trabajo	Ponderación del tiempo	Distancia total por día de trabajo	Ponderación del tiempo
< 10	1	< 5 min	1	< 300 m	1
10 a < 40	2	5 a < 15 min	2	300 m a < 1 km	2
40 a < 200	4	15 min a < 1 h	4	1 a < 4 km	4
200 a < 500	6	1 a < 2 h	6	4 a < 8 km	6
500 a < 1000	8	2 a < 4 h	8	8 a < 16 km	8
≥ 1000	10	≥ 4 h	10	≥ 16 km	10

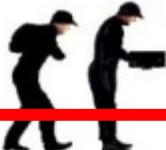
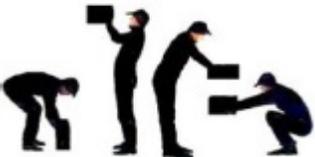
Ejemplo 1: Solución (a)

- Determinación de la puntuación de la carga
- Carga efectiva para hombre
- Peso del objeto = 8.7 kg

Carga efectiva Hombres	Ponderación de la carga	Carga efectiva Mujeres	Ponderación de la carga
< 10 kg	1	< 5 kg	1
10 a < 20 kg	2	5 a < 10 kg	2
20 a < 30 kg	4	10 < 15 kg	4
30 a < 40 kg	7	15 < 25 kg	7
≥ 40 kg	25	≥ 25 kg	25

Ejemplo 1: Solución (a)

- Determinación de la puntuación de la postura

Postura característica del cuerpo y posicionamiento de carga	Postura corporal, posición de la carga	Ponderación de la postura
	<ul style="list-style-type: none"> Parte superior del cuerpo vertical, sin torsión Carga en el cuerpo 	1
	<ul style="list-style-type: none"> Ligera inclinación hacia adelante o torsión de la parte superior del cuerpo Carga en el cuerpo o cerca del cuerpo. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> Inclinación hacia abajo o fuerte inclinación hacia adelante Flexión ligera hacia adelante con torsión simultánea de la parte superior del cuerpo Cargar lejos del cuerpo o por encima de la altura del hombro Sentarse o pararse 	4
	<ul style="list-style-type: none"> Fuerte inclinación hacia adelante con torsión simultánea de la parte superior del cuerpo Cargar lejos del cuerpo Estabilidad postural restringida mientras está de pie Agacharse o arrodillarse 	8

Ejemplo 1: Solución (a)

- Determinación de la puntuación de las condiciones
- Está restringido en su movilidad, ya que el espacio de trabajo está confinado

Condiciones al ejecutar la tarea	Ponderación de la condición
<ul style="list-style-type: none">▪ Buenas condiciones ergonómicas. <p>Por ejemplo: espacio suficiente, sin obstáculos en el espacio de trabajo, incluso terreno sólido, iluminación suficiente, buenas condiciones de agarre</p>	0
<ul style="list-style-type: none">▪ Restricción de la movilidad y condiciones ergonómicas inconvenientes, <p>Por ejemplo: (1) alcance limitado por baja altura o por un espacio de trabajo restringido de menos de 1,5 m²</p>	1
<ul style="list-style-type: none">▪ Movilidad muy fuerte y / o inestabilidad del centro de carga <p>Por ejemplo, transferencia de pacientes</p>	2

Ejemplo 1: Solución (a)

- Cálculo del puntaje final

	1				
	Puntaje de la carga				
+	4				
	Puntaje de la postura				
+	1				
	Puntaje de las condiciones				
=	6	X	6	=	36
	Sumatoria		Puntaje del tiempo		Puntaje final

Ejemplo 1: Solución (a)

- Determinación del nivel de riesgo

Nivel de Riesgo	Puntaje	Descripción
1	< 10	Bajo estrés, peligro para la salud por sobreesfuerzo físico es poco probable
2	10 a < 25	Estrés elevado, sobreesfuerzo físico es posible para personas con baja capacidad física. Para estas personas, la medida organizativa sería útil.
3	25 a < 50	Estrés esencialmente elevado, el sobreesfuerzo físico ahora es posible para personas con capacidad física promedio. Se recomiendan medidas organizativas.
4	≥ 50	Estrés alto, sobreesfuerzo físico es probable. Las medidas organizativas son necesarias.

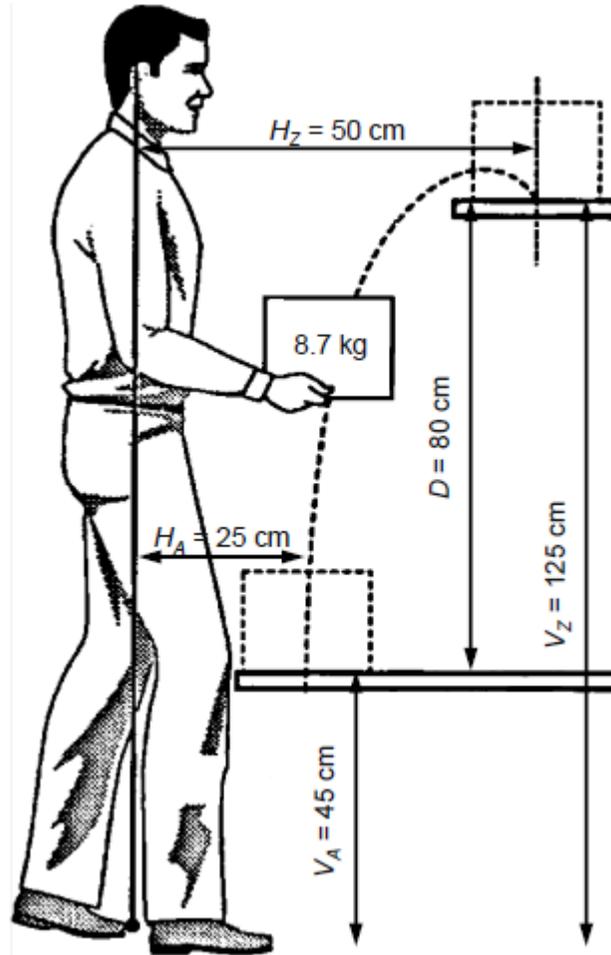
- Un puntaje de 36 se encuentra en un nivel 3 de riesgo
 - El estrés esencialmente elevado, el sobreesfuerzo físico es posible
 - Se recomiendan medidas organizativas.

Ejemplo 1: Solución (b)

b. Calcule el límite de peso recomendado así como el índice de riesgo y evalúe el resultado. ¿Qué conclusión se puede sacar del resultado?

Ejemplo 1: Solución (b)

- Visualización de las distancias horizontales y verticales



Ejemplo 1: Solución (b)

- **Límite de peso** recomendado en la **posición inicial**

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$V_M = 1 - 0.003 * |V - 75| = 1 - 0.003 * |45 - 75| = 0.91$$

$$D_M = 0.82 + \frac{4.5}{D} = 0.82 + \frac{4.5}{80} = 0.876$$

$$H_M = \frac{25}{H} = \frac{25}{25} = 1$$

$$A_M = 1 - (0.0032 * A) = 1 - (0.0032 * 0) = 1$$

Ejemplo 1: Solución (b)

Mal acoplamiento a $v=45\text{cm}$

$$CM = 0.90$$

Tipo de acoplamiento	Multiplicador de acoplamiento (C_m)	
	$V < 75 \text{ cm}$	$V \geq 75 \text{ cm}$
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Pobre	0.90	0.90

Cada minuto se levanta una llanta a $v=45\text{cm}$ por un turno de 8 horas

$$FM = 0.75$$

FREC. Elev/min.	DURACIÓN					
	CORTA DURACIÓN $\leq 1 \text{ hora}$		DURACIÓN MODERADA 1-2 horas		LARGA DURACIÓN 2-8 horas	
	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$	$V < 75$	$V \geq 75$
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65

Ejemplo 1: Solución (b)

- **Límite de peso** recomendado en la **posición inicial**

$$RWL = LC * V_M * D_M * H_M * A_M * C_M * F_M$$

$$RWL = 23 * 0.91 * 0.876 * 1 * 1 * 0.90 * 0.75$$

$$RWL = 12.37 \text{ kg}$$

Ejemplo 1: Solución (b)

- **Límite de peso** recomendado en la **posición final**

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$VM = 1 - 0.003 * |V - 75| = 1 - 0.003 * |125 - 75| = 0.85$$

$$DM = 0.82 + \frac{4.5}{D} = 0.82 + \frac{4.5}{80} = 0.876$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{50} = 0.5$$

$$AM = 1 - (0.0032 * A) = 1 - (0.0032 * 0) = 1$$

$$CM = 0.90$$

$$RWL = LC * VM * DM * HM * AM * CM * FM$$

$$FM = 0.75$$

$$RWL = 23 * 0.85 * 0.876 * 0.5 * 1 * 0.90 * 0.75$$

$$RWL = 5.78 \text{ kg}$$

Ejemplo 1: Solución (b)

- Cálculo del índice de riesgo

*Límite de peso recomendado en la **posición inicial** = 12.37 kg*

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Límite de peso recomendado}} = \frac{8.7 \text{ kg}}{12.37 \text{ kg}} = \mathbf{0.70}$$

*Límite de peso recomendado en la **posición final** = 5.78 kg*

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Límite de peso recomendado}} = \frac{8.7 \text{ kg}}{5.78 \text{ kg}} = \mathbf{1.50}$$

Como $LI \geq 1.0$ → Se requiere rediseño

Ejemplo 1

Por una variedad de razones, la compañía solo puede ajustar la altura de la correa inferior y no la masa de las llantas.

c. ¿Qué medidas se pueden tomar para mejorar el lugar de trabajo con los resultados calculados en el ejercicio a?

d. ¿Es posible desarrollar medidas de diseño basadas en los resultados del método del límite de peso recomendado para levantar, sostener y transportar?

Ejemplo 1: Solución (c)

- El diseño debe basarse en los multiplicadores.
- Los multiplicadores pueden influirse entre sí y deben considerarse de manera integral (por ejemplo: cambiar la altura de la cinta inferior influye en VM y DM)
- Para el análisis no se toman en cuenta los multiplicadores con valores óptimos HM para la posición inicial y AM para posición inicial y final

$$RWL = LC * VM * DM * HM * AM * CM * FM$$

$$\text{Posición inicial: } RWL = 23 * 0.91 * 0.876 * 1 * 1 * 0.90 * 0.75$$

$$\text{Posición final: } RWL = 23 * 0.85 * 0.876 * 0.5 * 1 * 0.90 * 0.75$$

- Los multiplicadores con valores no óptimos se ordenan de manera ascendente ya que los multiplicadores más pequeños tienen un mayor potencial de mejora
HM final =0.5, FM= 0.75, VM final = 0.85, DM=0.876, CM=0.9, VM inicial =0.91

Ejemplo 1: Solución (c)

Aumentar multiplicador HM de la posición final

- No es posible, ya que sería necesario un cambio de cinta.

Aumentar multiplicador FM

- Reducir la frecuencia de elevación
 - $FM = 0.81$ (como frecuencia de elevación $F = 0.5$ y duración de trabajo $d = 8$ h)
- Introducción de rotación de trabajo (entre 4 lugares de trabajo) para reducir la duración del trabajo (3 lugares de trabajo no tienen manejo de carga)
 - $FM = 0.92$ (como frecuencia de elevación $F = 0.5$ y duración del trabajo $d = 2$ h)
- Mejora del tiempo de ciclo para reducir la frecuencia de elevación
- Aumento del número de empleados para reducir la frecuencia de elevación
 - Alto contenido de trabajo para un solo trabajador.

Aumentar multiplicador VMZ

- No es posible cambiando la altura de la cinta, ya que sería necesario un cambio en la cinta

Ejemplo 1: Solución (c)

Aumentar multiplicador DM

- Reducción de la distancia de elevación $D = 25$ cm
 - Para $DM = 1$, entonces la distancia vertical inicial debe elevarse a 100 cm, elevando la altura de la cinta inferior

Aumentar multiplicador de acoplamiento $CM = 0.9$

- No es posible ya que el uso de guantes para la protección de la salud es obligatorio.

Aumentar los multiplicadores de distancia vertical (VM) inicial y final

- Se puede elevar la distancia vertical a través del uso de un pedestal

$$RWL = LC * VM * DM * HM * AM * CM * FM$$

$$\text{Posición inicial: } RWL = 23 * 0.92 * 1 * 1 * 1 * 0.90 * 0.92 = 17.52$$

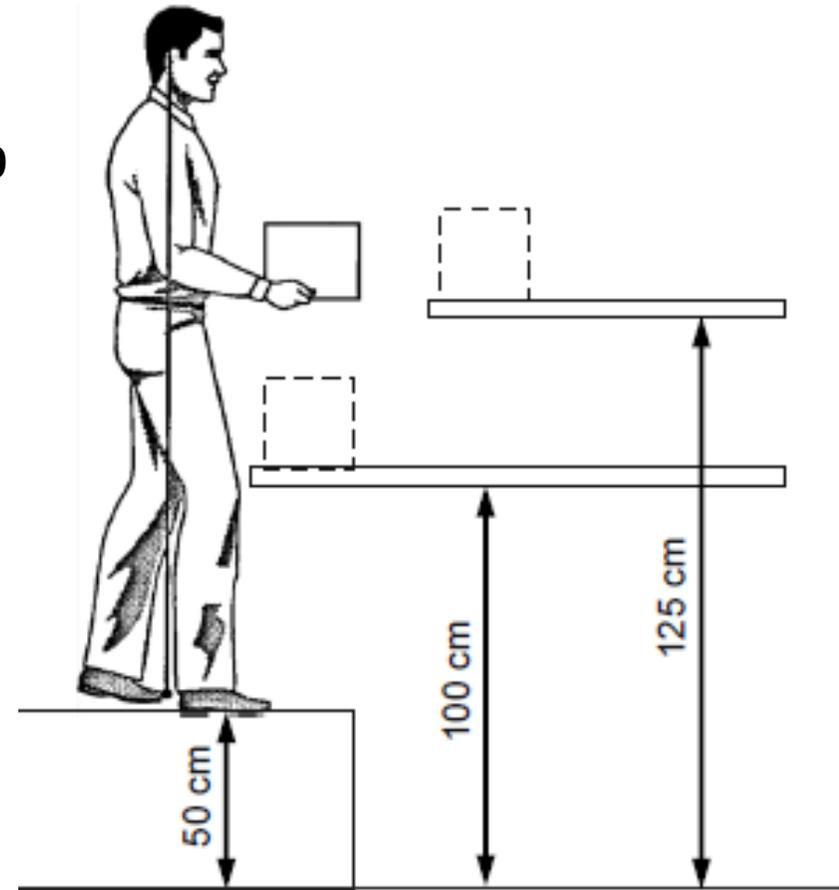
$$\text{Posición final: } RWL = 23 * 1 * 1 * 0.5 * 1 * 0.90 * 0.92 = 9.52$$

Ejemplo 1: Solución (c)

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Límite de peso recomendado}} = \frac{8.7 \text{ kg}}{17.52 \text{ kg}} = 0.50$$

$$LI = \frac{\text{Peso de la carga}}{\text{Límite de peso recomendado}} = \frac{8.7 \text{ kg}}{9.52 \text{ kg}} = 0.91$$

Como $LI \leq 1.0$ → Riesgo aceptable



Ejemplo 1: Solución (d)

d. ¿Es posible desarrollar medidas de diseño basadas en los resultados del método del límite de peso recomendado para levantar, sostener y transportar?

- Sí, es posible desarrollar recomendaciones de diseño para mejorar el lugar de trabajo sobre la base de los resultados del método de indicadores clave para levantar, sostener y transportar (KIM-LHC)
 - Análisis y cambio de las ponderaciones con el objetivo de minimizar el valor en puntos y la esfera de riesgos mediante la reducción de la corriente:
 - Ponderación del tiempo,
 - Ponderación de carga,
 - Peso Ponderación de la postura y
 - Ponderación de las condiciones de operación.

Ciencia de medición del cuerpo humano



Diseño para los extremos

- Implica que una característica de diseño específica representa un factor limitante en la determinación del valor máximo o mínimo de la variable poblacional que se calculará.

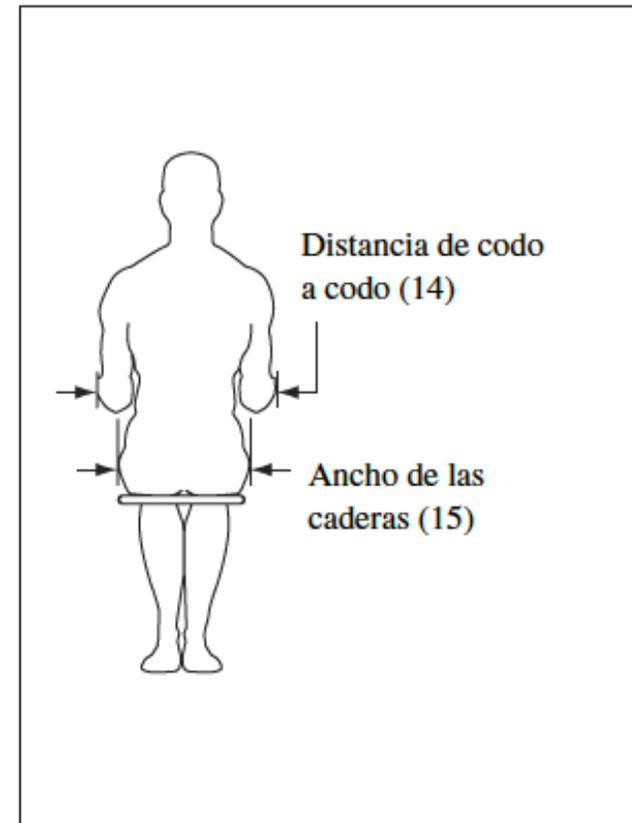
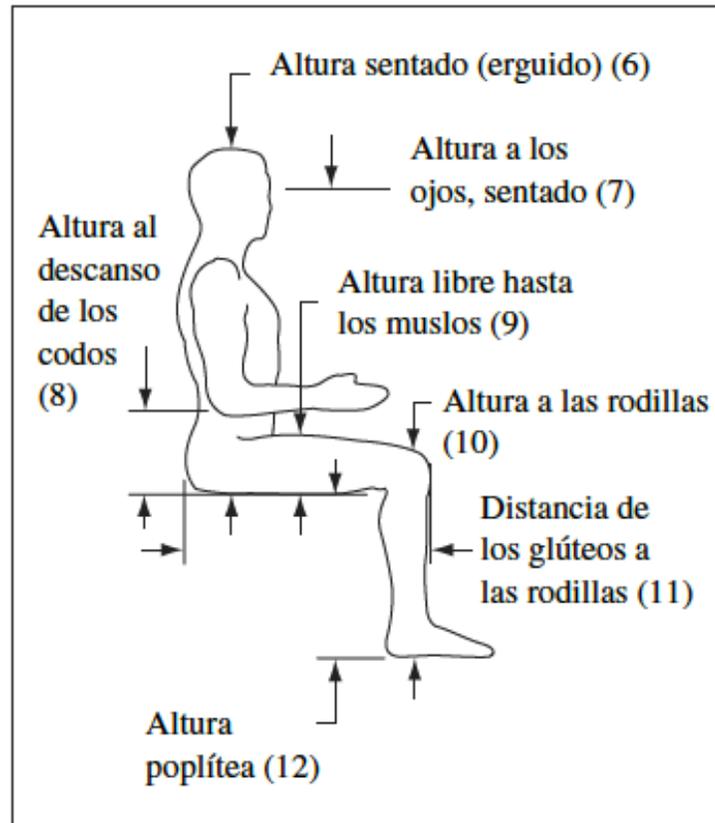
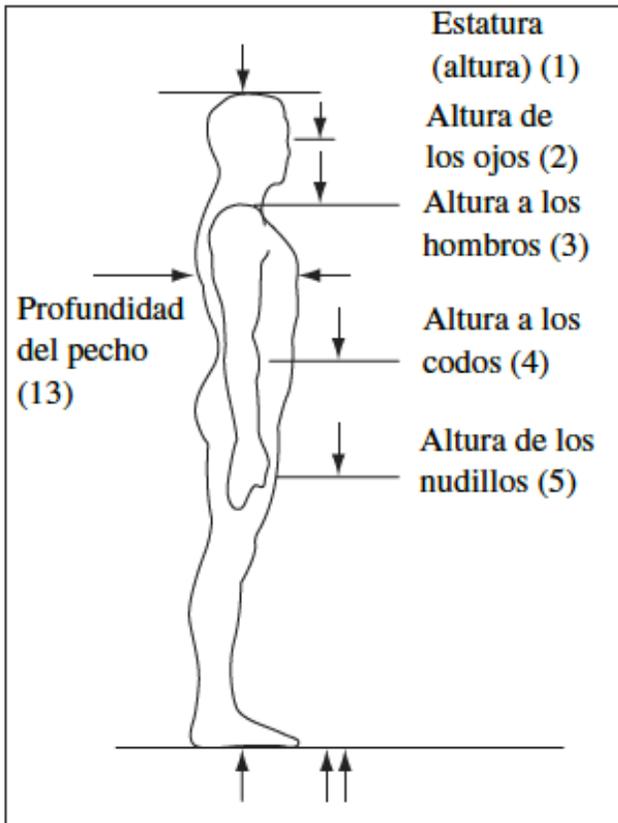
Diseño para la ajustabilidad

- Se utiliza en equipo e instalaciones para que puedan ajustarse para que quepa una amplia gama de personas.
- Método más preferido
- Altos costos

Diseño para el tamaño promedio

- Hay ciertas situaciones donde por practicabilidad y costos se utiliza el diseño a base del tamaño promedio de la población
- Método más barato

Mediciones antropométricas



Ejemplo 2

Su empresa, un conocido fabricante de automóviles, le asigna apoyo para el desarrollo de un nuevo automóvil deportivo. Usted es responsable del diseño ergonómico de las puertas y los asientos.

¿Cómo abordaría sistemáticamente esta tarea?



Ejemplo 2: (a) Diseño de la altura de apertura

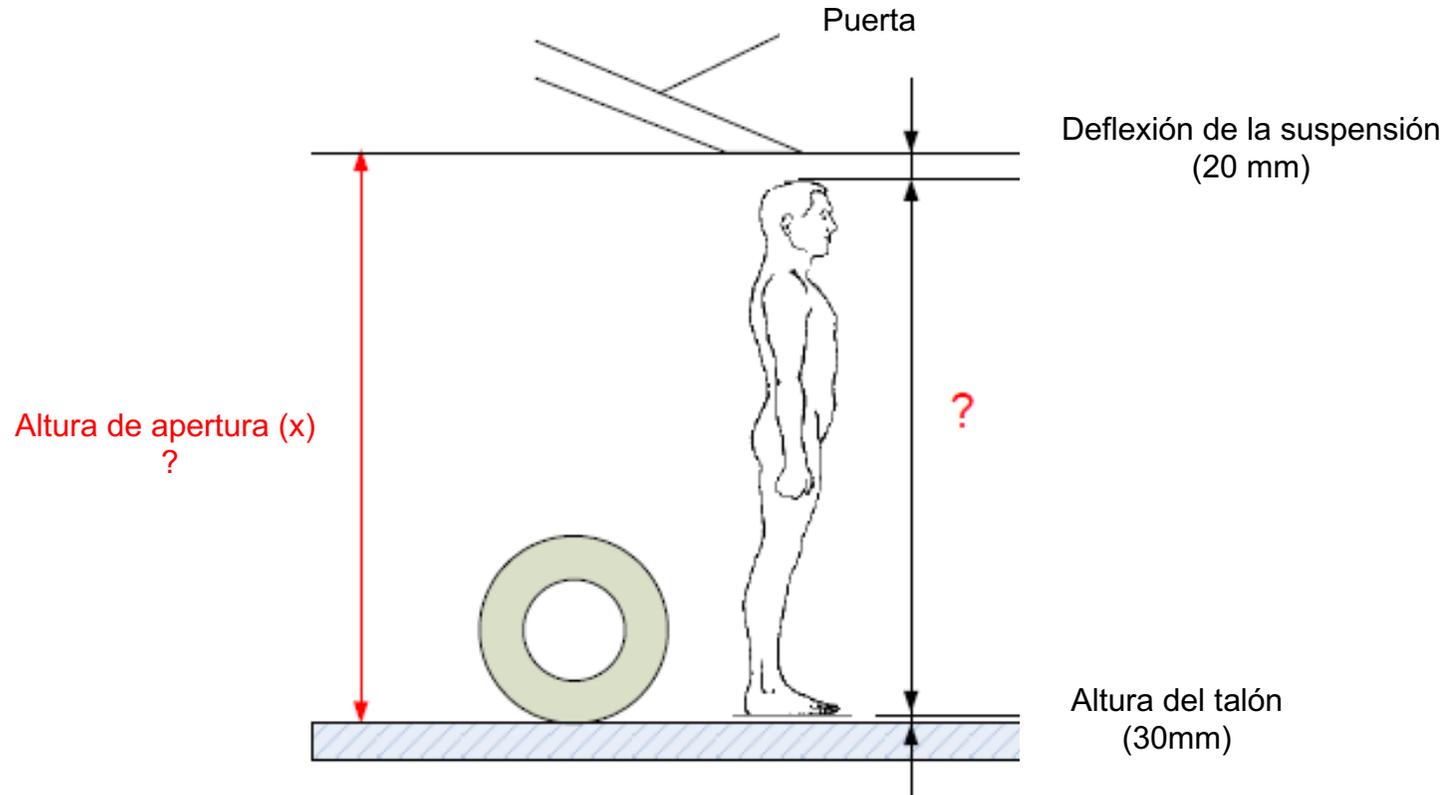
a. Calcule la distancia entre la línea inferior de la puerta abierta y el nivel de la carretera para que la mayoría de los clientes ($> 95\%$) aún puedan pararse debajo de la puerta del ala abierta.

Datos adicionales:

- Altura media del talón: 30 mm
- Deflexión de la suspensión cuando está completamente cargada: 20 mm



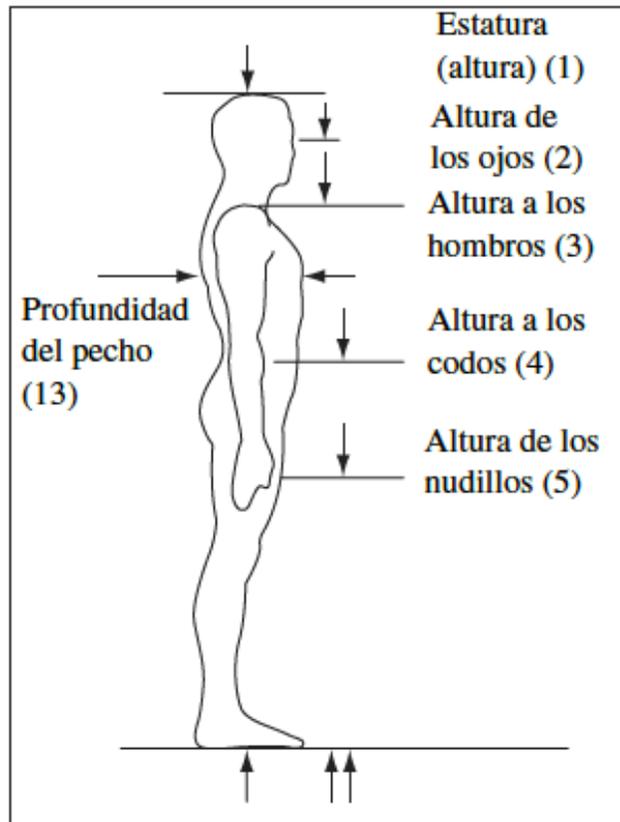
Ejemplo 2: (a) Diseño de la altura de apertura



$$x = \text{deflexión de la suspensión} + \text{valor del percentil} + \text{altura del talón}$$

Ejemplo 2: Solución (a)

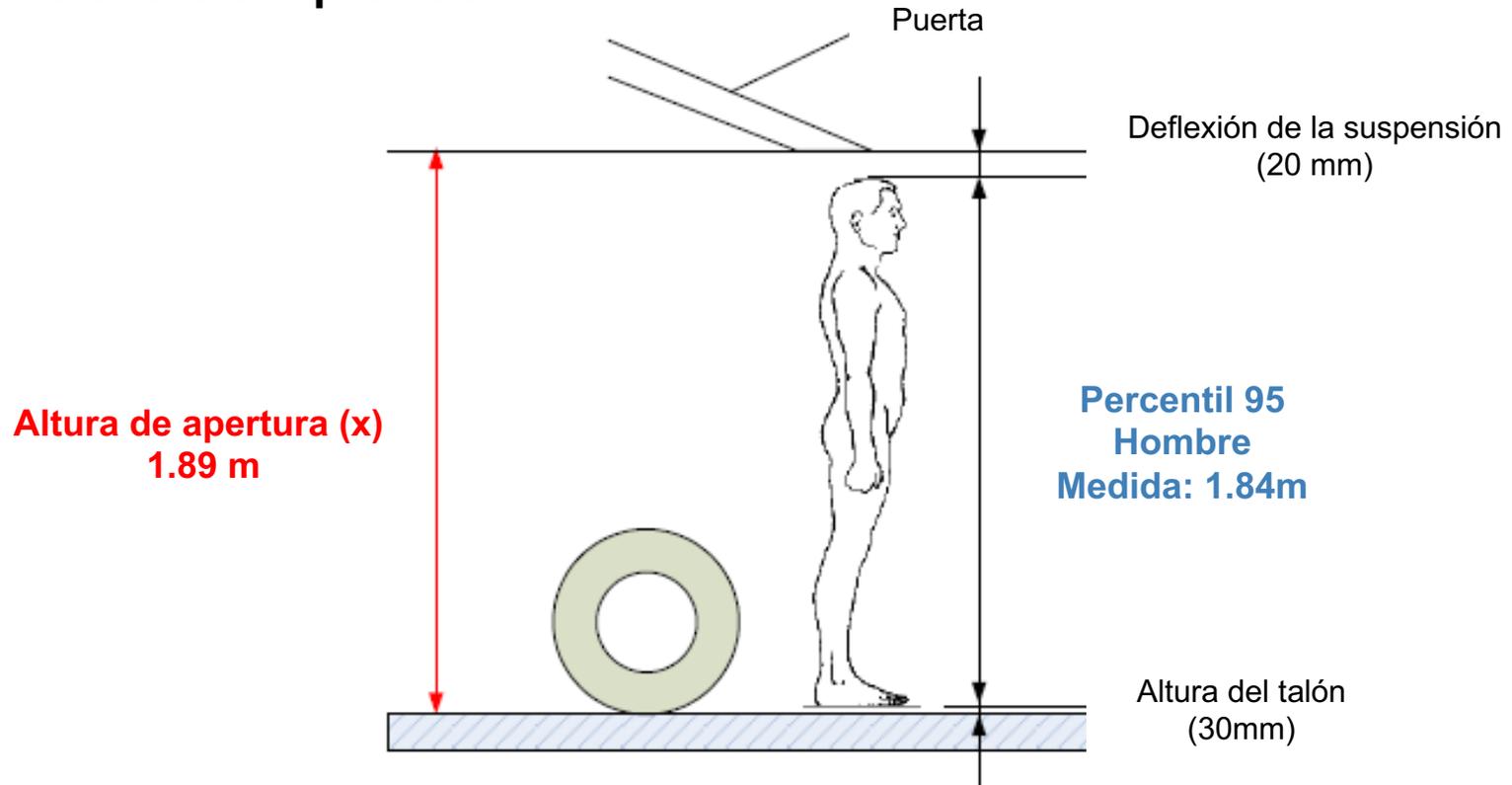
Obtener el percentil correcto



Dimensiones corporales	Sexo	Dimensiones (cm)		
		5a.	50a.	95a.
1. Estatura (altura)	Hombre	161.8	173.6	184.4
	Mujer	149.5	160.5	171.3
2. Altura a los ojos	Hombre	151.1	162.4	172.7
	Mujer	138.3	148.9	159.3
3. Altura a los hombros	Hombre	132.3	142.8	152.4
	Mujer	121.1	131.1	141.9
4. Altura los codos	Hombre	100	109.9	119
	Mujer	93.6	101.2	108.8
5. Altura a los nudillos	Hombre	69.8	75.4	80.4
	Mujer	64.3	70.2	75.9

Ejemplo 2: Solución (a)

Diseño de la altura de apertura



$$x = \text{deflexión de la suspensión} + \text{medida del percentil} + \text{altura del talón}$$

$$x = 20 \text{ mm} + 1.84 \text{ m} + 30 \text{ mm} = \mathbf{1.89 \text{ m}}$$

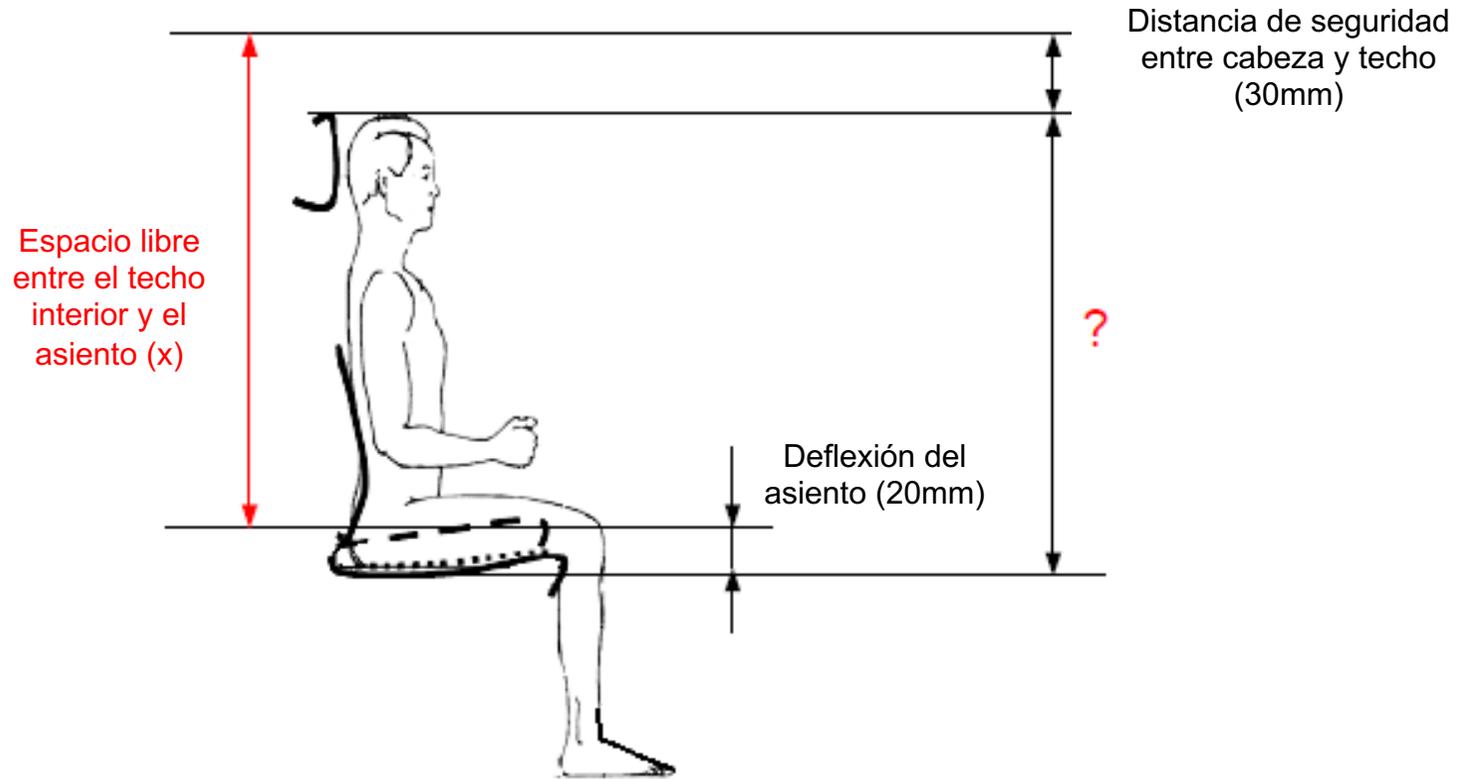
Ejemplo 2: (b) Espacio libre entre el techo interior y el asiento

b. Calcule la separación entre el interior del techo y el asiento desviado por resorte (desviación independiente del peso) para evitar lesiones en la cabeza.

Datos adicionales:

- Distancia de seguridad desde la cabeza hasta el interior del techo: 30 mm
- Desviación del asiento independiente del peso: 20 mm

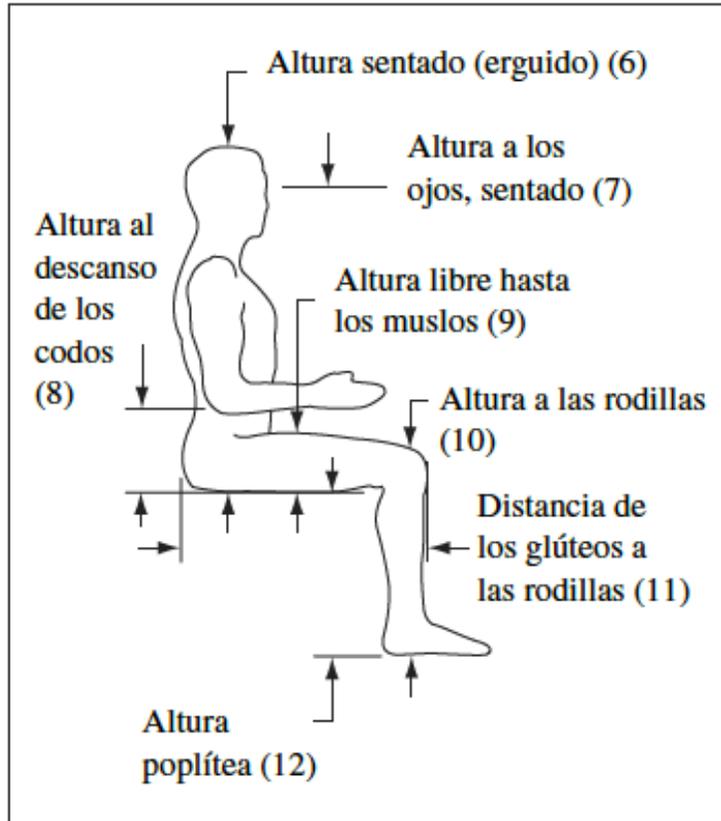
Ejemplo 2: (b) Espacio libre entre el techo interior y el asiento



$$x = \text{distancia de seguridad} + \text{medida del percentil} - \text{deflexión del asiento}$$

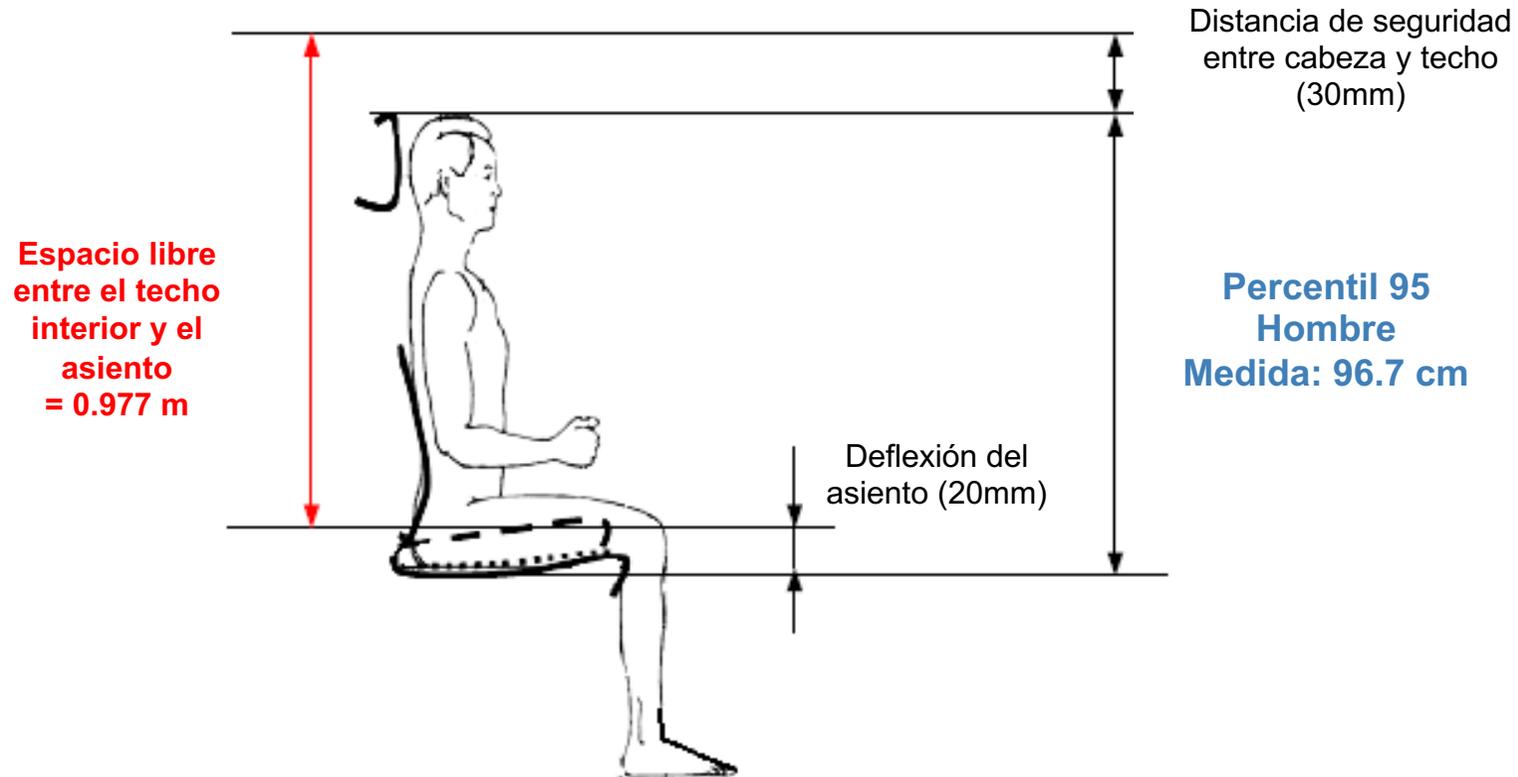
Ejemplo 2: Solución (b)

Obtener el percentil correcto



Dimensiones corporales	Sexo	Dimensiones (cm)		
		5a.	50a.	95a.
6. Altura, sentado	Hombre	84.2	90.6	96.7
	Mujer	78.6	85	90.7
7. Altura a los ojos, sentado	Hombre	72.6	78.6	84.4
	Mujer	67.5	73.3	78.5
8. Altura al descanso de los codos, sentado	Hombre	19	24.3	29.4
	Mujer	18.1	23.3	28.1
9. Altura libre hasta los muslos	Hombre	11.4	14.4	17.7
	Mujer	10.6	13.7	17.5
10. Altura hasta las rodillas, sentado	Hombre	49.3	54.3	59.3
	Mujer	45.2	49.8	54.5
11. Distancia de los glúteos a las rodillas, sentado	Hombre	54	59.4	64.2
	Mujer	51.8	56.9	62.53
12. Altura poplíteica, sentado	Hombre	39.2	44.2	48.8
	Mujer	35.5	39.8	44.3

Ejemplo 2: Solución (b)



$x = \text{distancia de seguridad} + \text{medida del percentil} - \text{deflexión del asiento}$

$$x = 30 \text{ mm} + 96.7 \text{ cm} - 20 \text{ mm} = \mathbf{0.977 \text{ m}}$$

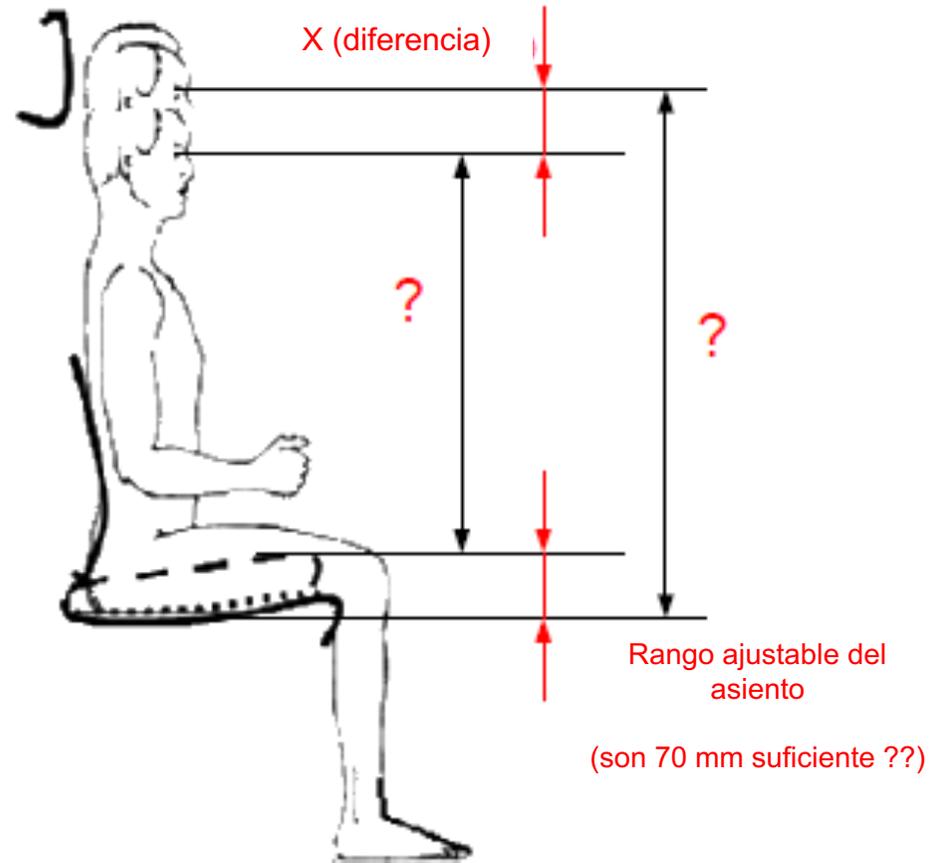
Ejemplo 2: (c) Ajuste de altura del asiento del conductor

c. La altura del asiento del conductor se puede ajustar en general a 70 mm. La diferencia entre los niveles de los ojos de la persona más alta y más baja no debe ser superior a 90 mm (campo de visión en la calle y el tablero de instrumentos -> seguridad crítica).

¿Es suficiente el rango ajustable verticalmente del asiento?

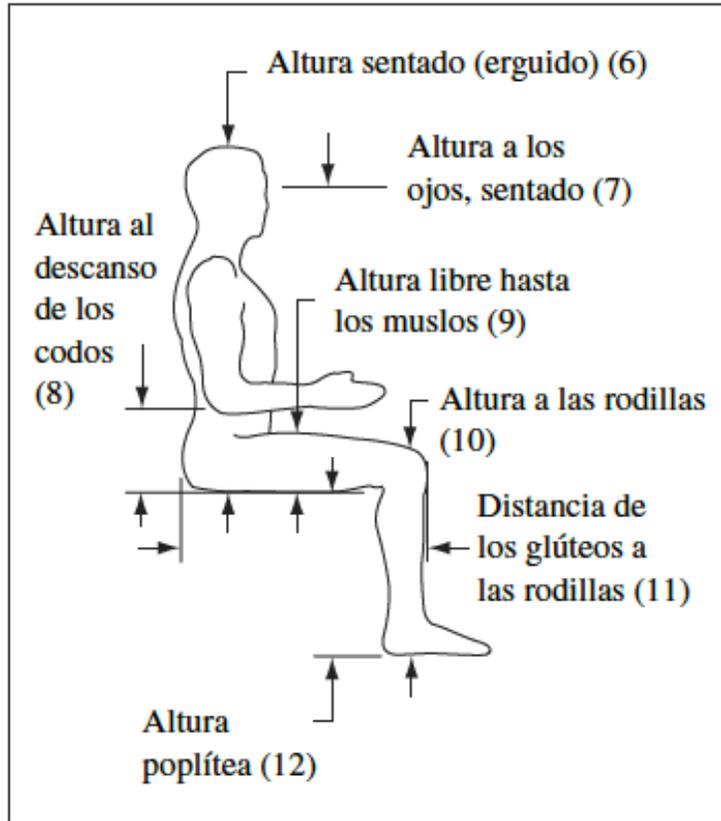
Si no: ¿cuál es el rango ajustable necesario?

Ejemplo 2: (c) Ajuste de altura del asiento del conductor



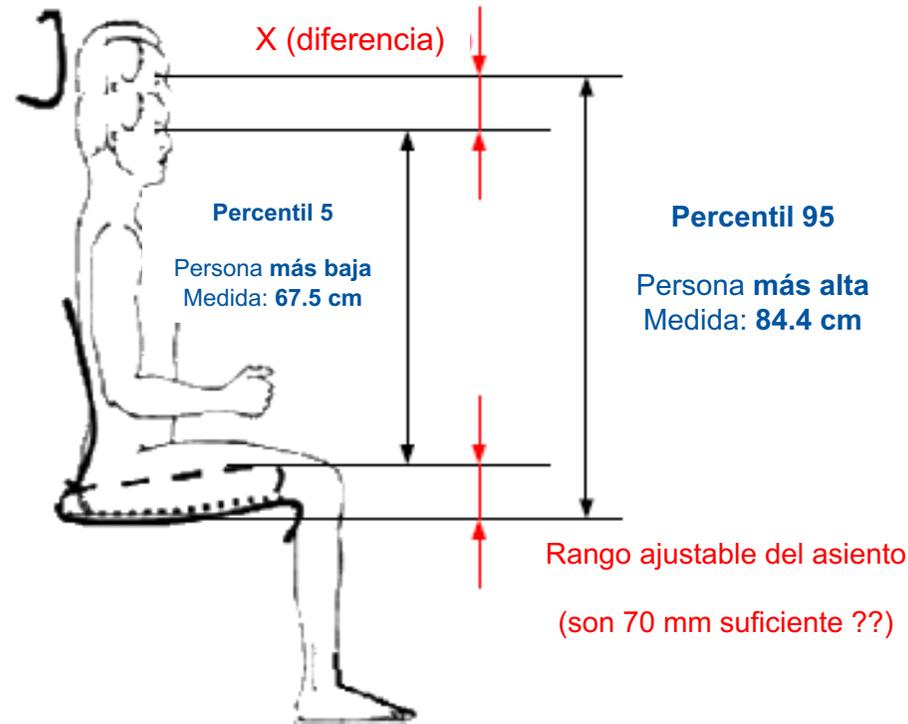
Ejemplo 2: Solución (c)

Obtener el percentil correcto



Dimensiones corporales	Sexo	Dimensiones (cm)		
		5a.	50a.	95a.
6. Altura, sentado	Hombre	84.2	90.6	96.7
	Mujer	78.6	85	90.7
7. Altura a los ojos, sentado	Hombre	72.6	78.6	84.4
	Mujer	67.5	73.3	78.5
8. Altura al descanso de los codos, sentado	Hombre	19	24.3	29.4
	Mujer	18.1	23.3	28.1
9. Altura libre hasta los muslos	Hombre	11.4	14.4	17.7
	Mujer	10.6	13.7	17.5
10. Altura hasta las rodillas, sentado	Hombre	49.3	54.3	59.3
	Mujer	45.2	49.8	54.5
11. Distancia de los glúteos a las rodillas, sentado	Hombre	54	59.4	64.2
	Mujer	51.8	56.9	62.53
12. Altura poplíteica, sentado	Hombre	39.2	44.2	48.8
	Mujer	35.5	39.8	44.3

Ejemplo 2: Solución (c)



Nivel de los ojos de la persona más baja = 675 mm + 70 mm = 745 mm

Nivel de los ojos de la persona más alta = 844 mm

Diferencia $x = 844 - 745 \text{ mm} = 110 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$

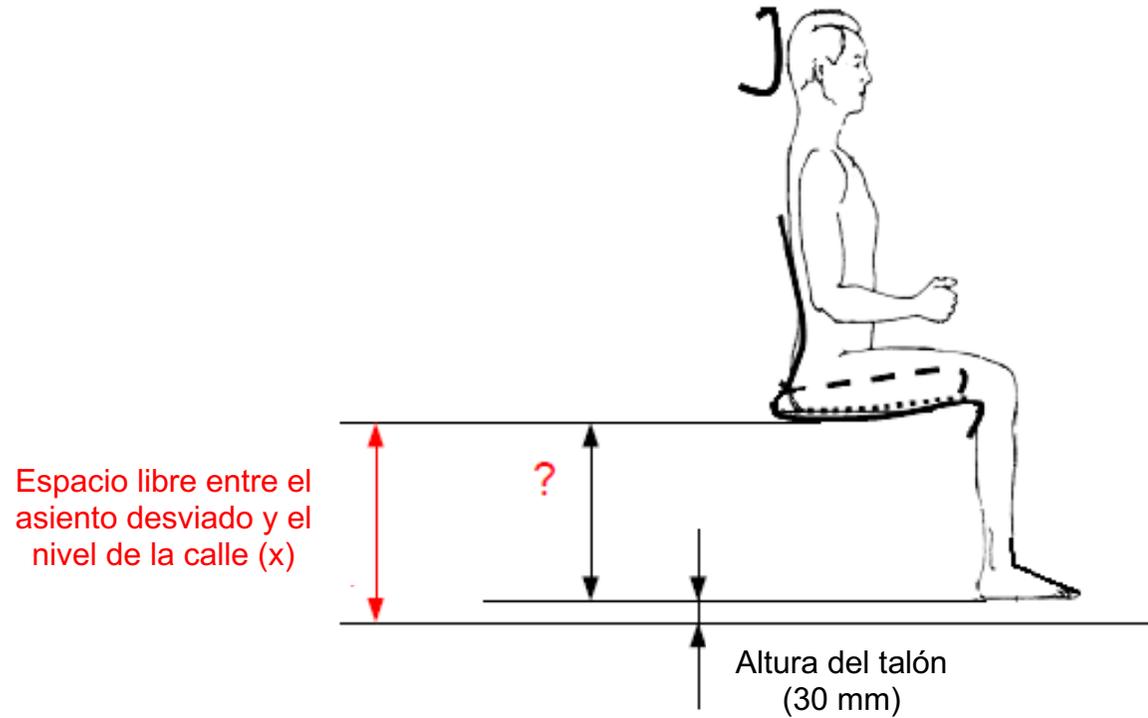
- El rango ajustable **no es suficiente**
- **Nuevo rango ajustable = 70 mm + (110-90) mm = 90 mm**

Ejemplo 2: (d) Entrada y salida confortable

d. ¿A qué altura, medida desde el nivel de la calle, debería estar la posición más baja del asiento para que también personas muy pequeñas puedan entrar y salir cómodamente (muslos en posición horizontal)?

Para los siguientes cálculos, suponga que el asiento está desviado, pero la suspensión del automóvil no está desviada.

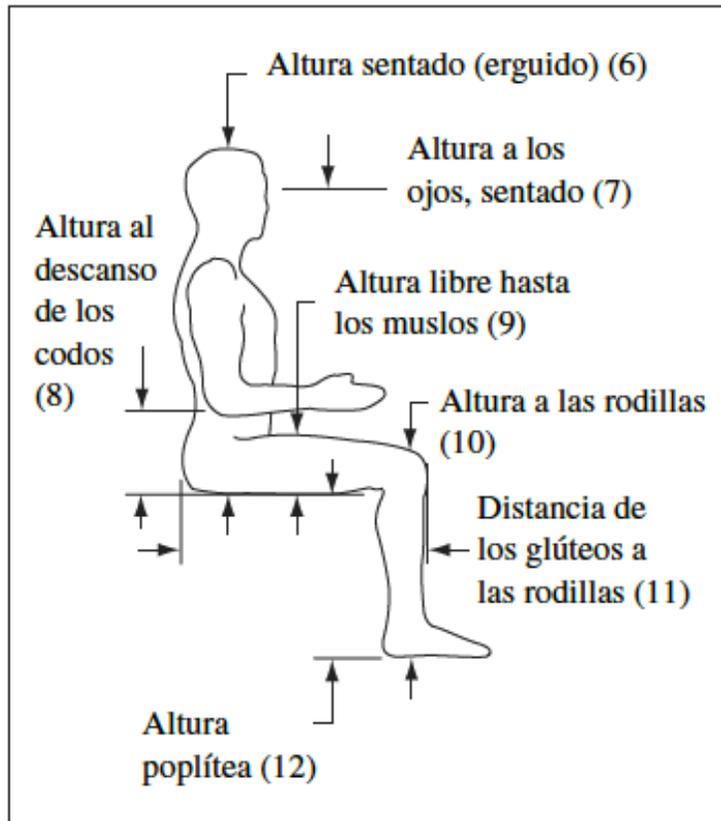
Ejemplo 2: (d) Entrada y salida confortable



$$x = \text{medida del percentil} + \text{altura del talón}$$

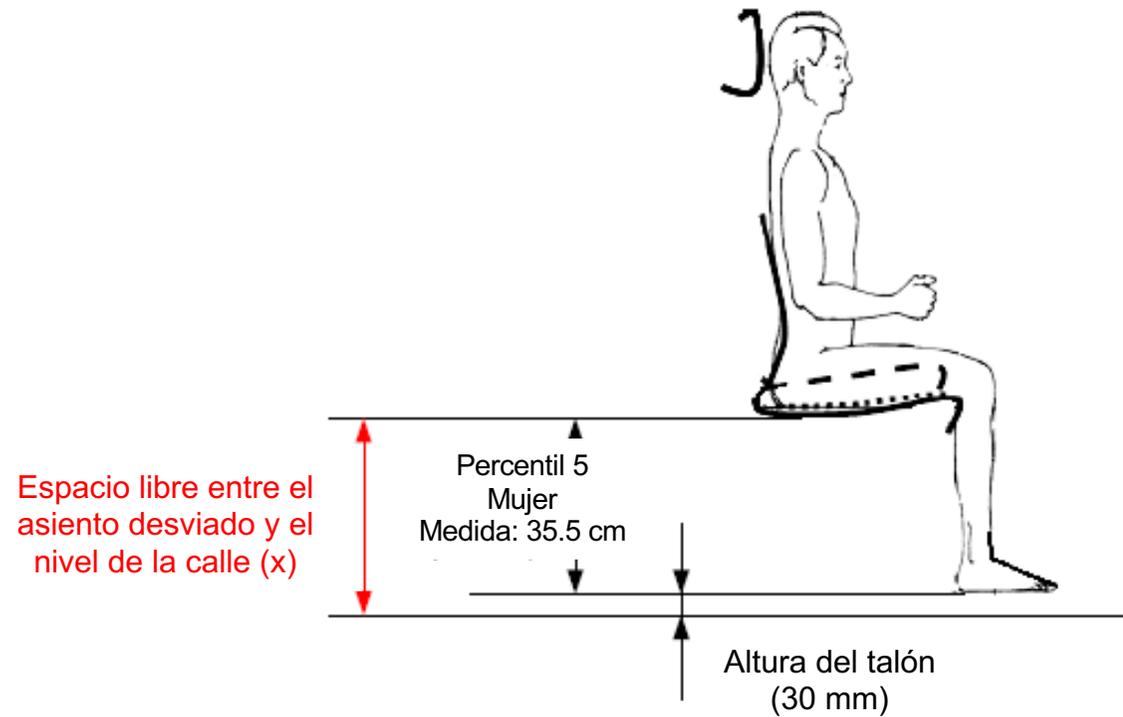
Ejemplo 2: Solución (d)

Obtener el percentil correcto



Dimensiones corporales	Sexo	Dimensiones (cm)		
		5a.	50a.	95a.
6. Altura, sentado	Hombre	84.2	90.6	96.7
	Mujer	78.6	85	90.7
7. Altura a los ojos, sentado	Hombre	72.6	78.6	84.4
	Mujer	67.5	73.3	78.5
8. Altura al descanso de los codos, sentado	Hombre	19	24.3	29.4
	Mujer	18.1	23.3	28.1
9. Altura libre hasta los muslos	Hombre	11.4	14.4	17.7
	Mujer	10.6	13.7	17.5
10. Altura hasta las rodillas, sentado	Hombre	49.3	54.3	59.3
	Mujer	45.2	49.8	54.5
11. Distancia de los glúteos a las rodillas, sentado	Hombre	54	59.4	64.2
	Mujer	51.8	56.9	62.53
12. Altura poplíteica, sentado	Hombre	39.2	44.2	48.8
	Mujer	35.5	39.8	44.3

Ejemplo 2: Solución (d)



$$x = 355 \text{ cm} + 30 \text{ mm} = 385 \text{ mm}$$

Libros de referencia

- Hocken, C.(2020). How to transform manufacturing companies. Industry 4.0 Maturity Center
- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- García Criollo, R. *Estudio del trabajo*. McGraw-Hill
- Meyers, F. & Stephens, M.. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson
- Render, B. & Heizer, J. *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Kanawaty, G. *Introducción al estudio de trabajo*. OIT
- Bedny, G. & Bedny, I. (2019) *Work Activity Studies Within the Framework of Ergonomics, Psychology, and Economics*. Taylor & Francis Group.
- Bridger, R. (2019). *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Lehto, M. & Buck, J. (2008). *Introduction to Human Factors and Ergonomics ofr Engineers*. Taylor & Francis Group.
- Stack, T. et al. (2016). *Occupational Ergonomics – A Practical Approach*. Wiley
- Kroemer, K. (2017). *Fitting the Human – Introduction to Ergonomics / Human Factors Engineering*. Taylor & Francis Group.
- Marras, W. & Karwowski, W. (2006) *Fundamentals And Assessment Tools For Ocupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Konz, S. & Johnson, S. (2016) *Work Design and Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos: Ingeniería de métodos*. Limusa
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2006). *Guía Técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Gobierno de España
- (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
- Palacios, L. (2009). *Inteniería de Métodos, Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Krick (1994). *Ingeniería de Métodos*. Limusa
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Ingeniería de Métodos – Tomo I*. Editorial Felix Varela
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Estudio de Tiempos – Tomo II*. Editorial Felix Varela
- Mondelo, P. et al. (1999). *Ergonomía 3: Diseños de Puestos de Trabajo*. Mutua Universal
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Peralta, J. et al (2014) *Estudio del Trabajo*. Grupo Editorial Patria
- Caso Neira, A. *Técnicas de Medición del Trabajo*
- <http://www.css.org.pa/>
- <http://www.osha.gov/>

Contacto



Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Panamá | Centro Regional de Chiriquí

E-Mail: ricardo.caballero@utp.ac.pa

Social: [LinkedIn](#) | [ResearchGate](#)

Website: <https://www.academia.utp.ac.pa/ricardo-caballero>



Project Manager



Grupo de Investigación
en Ingeniería Industrial

Website: www.giii.utp.ac.pa

